

TINJAUAN DAN PERENCANAAN PLTA KEDUNGOMBO PURWODADI – JAWA TENGAH

Arika Iranawati, Dwi Putri W
Joetata Hadihardjada, Sri Sangkawati

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, Tembalang, Semarang. 50239,
Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060

ABSTRAK

Waduk Kedungombo selain difungsikan untuk pemenuhan kebutuhan irigasi dan air baku juga dimanfaatkan untuk pembangkitan. PLTA Kedungombo direncanakan dengan debit maksimal $61,8 \text{ m}^3/\text{dtk}$ dan debit minimal $45 \text{ m}^3/\text{dtk}$. Daya yang direncanakan sebesar 22,5 MW. Namun, pada kenyataannya daya yang dihasilkan PLTA Kedungombo lebih kecil dari daya yang direncanakan. Volume sedimentasi Waduk Kedungombo sampai tahun 2012 sebesar 34,47 juta m^3 dan sudah mencapai elevasi +56,80 m. Sedangkan *intake* yang terpasang terdapat pada elevasi +55,60 m, sehingga elevasi *intake* perlu dinaikan. Selain itu, untuk meningkatkan produksi listrik, maka power house dipindahkan ke elevasi yang lebih rendah. Debit desain PLTA dari hasil evaluasi debit dengan menggunakan *mass curve inflow* selama 5 tahun (tahun 2007 s/d 2012) adalah $34,77 \text{ m}^3/\text{dtk}$. *Q release* turbin selama 5 tahun (tahun 2007 s/d 2012) didapatkan *Q* rata-rata sebesar $33,91 \text{ m}^3/\text{dtk}$, *Q* maksimum $61,8 \text{ m}^3/\text{dtk}$ sedangkan *Q* minimumnya adalah $49,02 \text{ m}^3/\text{dtk}$. Jika meninjau kebutuhan irigasi dan air baku, maka Waduk Kedungombo harus memenuhi kebutuhan air sebesar 1530,704 juta m^3 dengan debit yang harus dialirkan minimum $55 \text{ m}^3/\text{dtk}$. Debit pada perencanaan awal sebesar maksimum $61,8 \text{ m}^3/\text{dtk}$ dan minimum $45 \text{ m}^3/\text{dtk}$, sehingga debit desain PLTA diambil maksimum yaitu $61,8 \text{ m}^3/\text{dtk}$. Desain struktur PLTA yang direncanakan untuk menunjang operasional PLTA agar dapat berfungsi dengan baik adalah bangunan pengambilan (*Intake*), pipa pesat, pintu pengaturan, turbin, saluran pembuangan, dan *draft tube*. Hasil detail perencanaan adalah sebagai berikut, (1) *intake* menggunakan tipe menara dengan diameter 3,8 m pada elevasi +60,00. (2) *Penstock* dengan diameter 3,8 m dan panjang total 287 m dan tersambung dengan lubang *intake* pada elevasi +60,00. (3) Tinggi terjun bersih 60,00 m. (4) Daya yang dihasilkan sebesar 32.374 kW. (5) Pintu pengatur menggunakan profil Canal 500x250x10. (6) Turbin yang digunakan yaitu tipe Turbin Francis. (7) Saluran pembuangan pasangan batu kali penampang trapesium dengan ukuran $b = 5,5 \text{ m}$, $h = 2,6 \text{ m}$. Dari perhitungan operasional PLTA, maka hasil produksi PLTA Kedungombo dapat meningkat sebesar 78,87% dari produksi semula. Rata – rata produksi PLTA Kedungombo sebesar 16,81 MW menjadi 29,57 MW. Konstruksi PLTA Kedungombo memerlukan biaya sebesar Rp 38.958.723.000,00 (tiga puluh delapan milyar sembilan ratus lima puluh delapan juta tujuh ratus dua puluh tiga ribu rupiah) dengan lama waktu pelaksanaan 17 minggu.

Kata Kunci : Debit PLTA, Produksi PLTA, Bangunan PLTA.

ABSTRACT

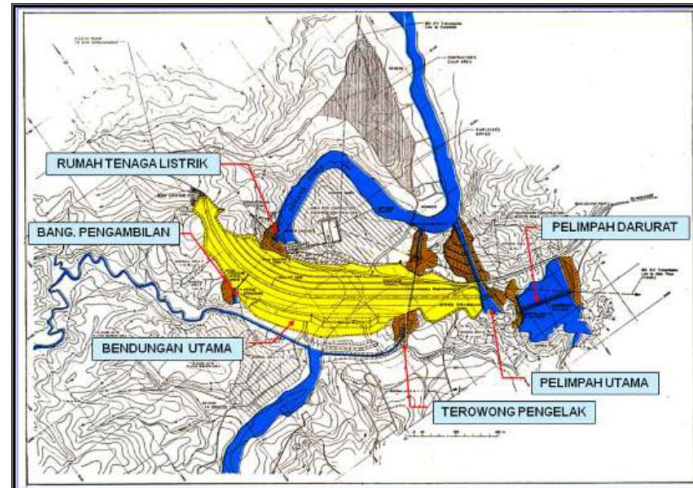
Kedungombo Dam besides enabled for the fulfillment of the irrigation demands and raw water is also used for power plant. Kedungombo Hydro Electric Power Plant Kedungombo planned with the maximum discharge 61.8 m³/sec and minimum discharge 45.00 m³/sec. Power designed by 22.50 MW. However, in reality the power generated is less than the designed power. The volume of the sediment in Kedungombo Dam to 2012 amounted to 34.47 million m³ and has reached the elevation of 56.80 m. While intakes are mounted at an elevation of 55.60 m, so the elevation of the intake should be increased. In addition, to increase the production of electricity, the power house was moved to a lower elevation. Design discharge for hydropower obtained from the discharge evaluation by using mass curve inflow over the last 5 years (from 2007 until 2012) obtained design discharge of 34.77 m³/sec. Discharge release for 5 years (from 2007 until 2012) obtained an average discharge of 33.91 m³/sec, maximum discharge 61.8 m³/sec, and the minimum discharge of 49.02 m³/sec. When reviewing the irrigation demands and raw water, Kedungombo Dam must meet the requirements of 1,530.70 million m³ of water and discharge must flow with minimum 55.00 m³/sec. Kedungombo Hydro Electric Power Plant designed with the maximum discharge 61.80 m³/sec and minimum discharge 45.00 m³/sec, so the development of hydropower has taken maximum design discharge of 61.80 m³/sec. Hydro electric power plant structure that designed for operational support in order to function properly such as intake, penstock, control gate, turbines, tail race, and the draft tube. Results of the detailed design, are (1) intake using a tower with diameter 3,8 m on elevation +60.00. (2) Penstock (steel pipe) with diameter 3.8 m and the total length 287 m connected with intake on elevation +60.00. (3) Nett Head 60.00 m. (4) The power generated 32.37 kW. (5) Control gate using Canal 500x250x10 profile. (6) Turbine type used is Francis Turbine. (7) Tail race stone masonry type in trapezium shape with b = 5.5 m, h = 2.6 m. From calculations of power plant operations, the results of Kedungombo power plant production can be increased by 78.87% from the original production. Average production of the Kedungombo Hydro Electric Power Plant 16.81 MW to 29.57 MW. Cost of construction Kedungombo Hydro Electric Power Plant is estimated Rp 38.958.723.000.- (Thirty Eight Billion Nine Hundred and Fifty Eight Million Seven Hundred Twenty Three Thousand Rupiahs) and durations for execution is 17 weeks.

Keywords: *Hydro Electric Power Plant Discharge, Hydro Electric Power Plant Productions, Hydro Electric Power Plant Building.*

PENDAHULUAN

Waduk Kedungombo terletak di desa Kedungombo, tepatnya pada pertemuan tiga kabupaten, yaitu Kabupaten Boyolali, Sragen dan Grobogan merupakan salah satu waduk yang berfungsi sebagai bendungan serbaguna yaitu untuk pelayanan irigasi dan air baku, PLTA, pengendalian banjir, perikanan dan pariwisata. Potensi air Waduk Kedungombo berasal dari sungai utama yaitu Sungai Serang. Daerah genangan Waduk Kedungombo meliputi sebagian wilayah Kabupaten Grobogan, Boyolali, dan Sragen, serta daerah layanan Waduk Kedungombo, meliputi wilayah Kabupaten Grobogan, Demak, Kudus, dan Pati. PLTA Kedungombo merupakan salah satu Sub Unit Pembangkitan milik PT. Indonesia Power yang berada di bawah naungan Unit Bisnis Pembangkitan Mrica. PLTA Kedungombo memiliki 1 (satu) turbin yang bisa digunakan untuk menghasilkan daya listrik sebesar 22,5 MW dan dalam keadaan normal dapat menghasilkan listrik sebesar

68.000 MWh/tahun. Namun, berdasarkan data yang diperoleh PLTA Kedungombo menghasilkan daya kurang dari yang telah direncanakan. Dalam operasinya rata-rata daya yang dihasilkan PLTA Kedungombo sebesar 16,814 MW dan PLTA Kedungombo sewaktu-waktu berhenti beroperasi. Oleh karena itu, perlu diadakan tinjauan ulang serta pengembangan terhadap PLTA Kedungombo.



Gambar 1. Peta Lokasi PLTA Waduk Kedungombo
(Sumber : BBWS Pemali - Juana)

ANALISA HIDROLOGI WADUK KEDUNGOMBO

Kapasitas Tampungan Waduk Kedungombo

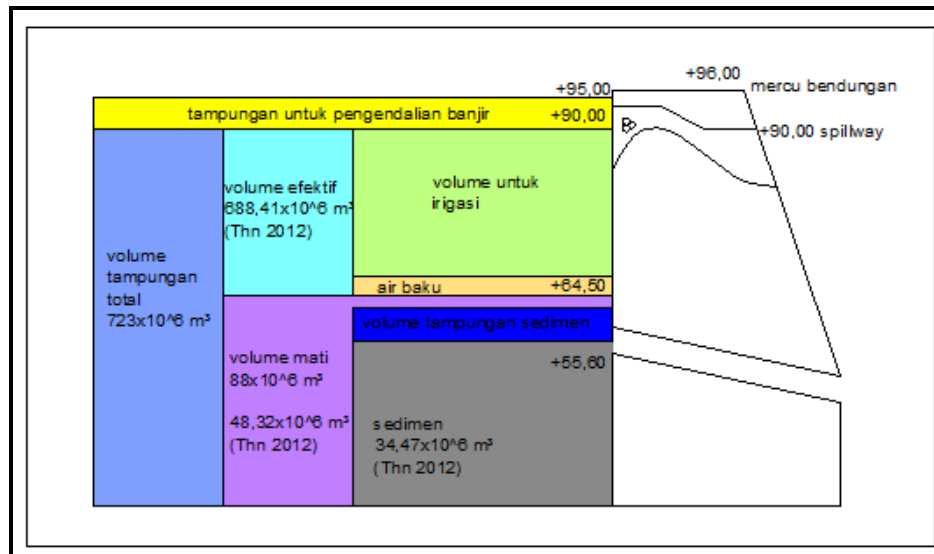
Laju sedimentasi waduk dapat ditentukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran terbaru dengan hasil pengukuran periode sebelumnya atau pada saat dibangunnya waduk. Berdasarkan hasil pengukuran tampungan waduk yang telah dilakukan dari beberapa pengukuran terdahulu dapat dikaji laju pengendapan pada waduk sampai saat ini. Berdasarkan hasil pengukuran tersebut terlihat bahwa sejak mulai beroperasi sampai dengan saat ini telah terjadi perubahan volume Waduk Kedungombo. Dari pengumpulan data terlihat adanya perubahan volume tampungan. Pada periode 1989 s/d 1994 (5 tahun) terjadi perubahan volume sebesar 11,93 juta m^3 , atau laju sedimentasi rerata tahunan sebesar 2,39 juta m^3 /tahun. Periode 1994 s/d 2003 (9 tahun) terjadi perubahan volume sebesar 7,81 juta m^3 , dengan laju sedimentasi rerata tahunan sebesar 0,87 juta m^3 /tahun. Berdasarkan pengukuran terakhir yaitu pada periode 2003 s/d 2012 (9 tahun) telah terjadi perubahan volume sebesar 688,414 juta m^3 , atau laju sedimentasi rerata tahunan sebesar 1,62 juta m^3 /tahun. Jika dibandingkan pengukuran Tahun 2012 dibandingkan dengan pengukuran Tahun 1989 terjadi perubahan volume sebesar 34,47 juta m^3 , atau laju sedimentasi rerata tahunan sebesar 1,48 juta m^3 /tahun. Laju Sedimentasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Laju Sedimentasi Waduk Kedungombo Antara Tahun 1989 s/d 2012

Tahun	1989	1994	2003	2012
Volume Waduk	723,16	711,23	703,42	688,414
Besar sedimentasi (juta m^3)	-	11,93	7,81	14,59
Laju sedimentasi (juta m^3 /tahun)	-	2,39	0,87	1,62

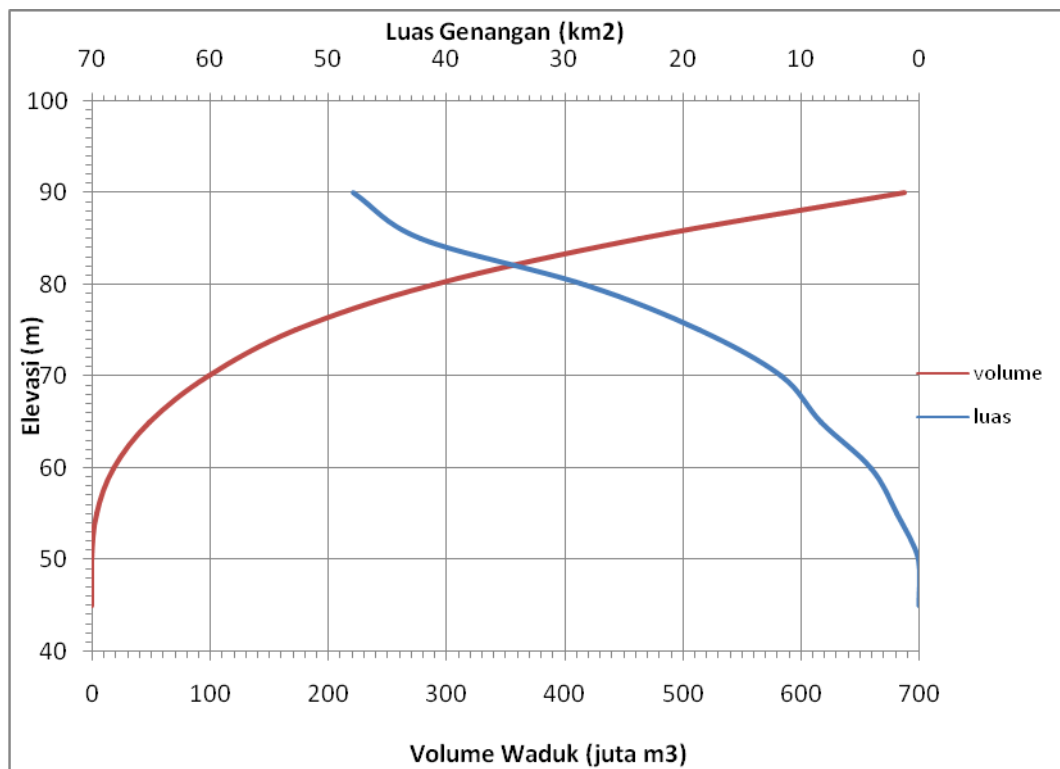
(Sumber : Laporan Antara Inspeksi Besar Waduk Kedungombo, 2012)

Dengan adanya laju sedimentasi, maka distribusi volume tampungan Waduk Kedungombo mengalami perubahan dari desain awal. Berikut merupakan distribusi tampungan Waduk Kedungombo serta kurva grafik hubungan elevasi muka air, luas genangan waduk dan volume tampungan pada tahun 2012.



(Sumber : Unit OP Waduk Kedungombo, BBWS Pemali Juana)

Gambar 2. Distribusi Volume Tampungan Waduk Kedungombo (Tahun 2012)



(Sumber : Laporan Antara Inspeksi Besar Waduk Kedungombo, 2012)

Gambar 3. Grafik Hubungan antara Elevasi, Luas Genangan dan Volume Tampungan Waduk Kedungombo Tahun 2012

Debit Desain PLTA Kedungombo

Debit desain merupakan debit yang digunakan untuk perencanaan bangunan air, dalam hal ini perencanaan PLTA. Dalam pengembangan PLTA Kedungombo ini, debit desain didapat dari hasil evaluasi debit yaitu berdasarkan inflow yang tersedia, outflow, debit untuk kebutuhan irigasi serta debit desain pada perencanaan awal PLTA Kedungombo. Dengan menggunakan *mass curve inflow* selama 5 tahun (tahun 2007 s/d 2012) didapatkan Q desain sebesar 34,77 m³/dtk. Rata – rata *outflow* turbin (*Q release*) selama 5 tahun (tahun 2007s/d 2012) sebesar 33,91 m³/detik, Q maksimum 61,8 m³/dtk, sedangkan Q minimumnya sebesar 49,02 m³/dtk. Ditinjau dari kebutuhan irigasi dan air baku maka Waduk Kedungombo harus memenuhi kebutuhan air sebesar 1530,704 juta m³. Dengan kebutuhan tersebut maka debit yang harus dialirkan sebesar 53,68 m³/detik. Sedangkan debit yang direncanakan untuk pembangkitan PLTA sebesar maksimum 61,8 m³/detik dan minimumnya sebesar 45 m³/detik.

Tinjauan Hasil Analisa Hidrologi

Volume sedimentasi Waduk Kedungombo sampai tahun 2012 sebesar 34,47 juta m³ (Sumber : Laporan Antara Inspeksi Besar Waduk Kedungombo) dan sudah mencapai elevasi +56,80 m. Sedangkan *intake* yang terpasang terdapat pada elevasi +55,60 m sehingga elevasi lubang *intake* perlu dinaikan yaitu pada elevasi +60,00 m. Namun, syarat elevasi Muka Air Rendah (MAR) harus dinaikkan untuk mencegah udara yang masuk pipa bersama dengan aliran air. Elevasi MAR berada ± 2 m di atas *intake*, sehingga MAR disyaratkan pada elevasi +66,00 m. Selain adanya peninggian *intake*, hal yang perlu dilakukan adalah dengan memindahkan power house ke elevasi yang lebih rendah, sehingga produksi yang dihasilkan dapat meningkat. Rata-rata debit yang mampu dikeluarkan (*Qrelease*) Waduk Kedungombo untuk pembangkitan selama 5 (lima) tahun sebesar 33,91 m³/detik. Sedangkan debit desain berdasarkan *inflow* (menggunakan *mass curve*) sebesar 34,77 m³/detik. Jika meninjau kebutuhan irigasi dan air baku maka Waduk Kedungombo harus memenuhi kebutuhan air sebesar 1530,704 juta m³, sehingga debit yang dialirkan sebesar 53,68 m³/detik. Debit yang direncanakan sebesar maksimum 61,8 m³/detik dan nilai minimumnya sebesar 45 m³/detik, sehingga untuk pengembangan PLTA digunakan debit sebesar 61,8 m³/detik. Dengan debit 61,8 m³/detik diharapkan pipa pesat mampu mengalirkan aliran air pada saat maksimum.

PERENCANAAN PLTA KEDUNGOMBO

Bangunan PLTA yang direncanakan adalah bangunan pengambilan (*intake*), pipa pesat (*penstock*), *power house*, turbin, *tail race*, dan *draft tube*.

Bangunan Pengambilan (*Intake*)

Bangunan *intake* Waduk Kedungombo terletak pada elevasi +55,60 namun untuk mencegah kerusakan akibat sedimentasi maka bangunan *intake* dinaikkan menjadi +60,00 m. Pada perencanaan PLTA Kedungombo ini tetap mempertahankan bangunan *intake* yang sudah ada, dengan tinggi (termasuk *tower*) 63,40 m. Sedangkan dimensi pintu pengambilan yaitu tinggi 3,80 m dan lebar 3,00 m. Dengan mempertimbangkan kemudahan pemasangan dan perawatan serta agar tidak terjadi kehilangan energi akibat perbedaan diameter dengan pipa pesat maka lubang *intake* direncanakan sebesar 3,8 m.

Perencanaan Pintu Pengatur

Pintu pengatur dengan ukuran plat pintu 5,2 m x 5,2,m terbuat dari baja dengan diameter stang ulir 2,5 cm. Profil horizontal dan vertical menggunakan baja canal 500x250x10.

Tinggi Terjun (*Head*)

Tinggi jatuh efektif dapat diperoleh dengan mengurangi tinggi jatuh total (dari permukaan air pada pengambilan sampai permukaan air pada saluran bawah) dengan kehilangan tinggi pada saluran air. Dengan adanya penyaluran air dari waduk (*reservoir*) ke saluran pembuangan akan terjadi kehilangan energi (*Head Loss*) yang diakibatkan oleh *trash rack*, inlet *penstock*, gesekan dinding *penstock*, belokan dan akibat reducer pada *draft tube*. Kehilangan Energi pada pengembangan PLTA ini sebesar 2,158 m, sehingga didapat tinggi terjun bersih (*Nett Head*) yaitu:

$$H_{\text{nett}} = H_{\text{bruto}} - H_{\text{e tot}} = 62,00 - 2,158 = 59,842 \text{ m} \approx 60 \text{ m}$$

Pipa Pesat (*Penstock*)

Diameter pipa yang sudah terpasang terletak di badan waduk. Oleh karena itu, diameter pipa tetap yaitu 3,8 m, sehingga tidak mengalami pembongkaran. Agar mudah dalam pemasangan maka diameter pipa pesat sambungan disamakan yaitu 3,8 m.

Tebal plat pipa pesat :

Daya yang Dihasilkan Turbin

$$P = 9,81 \times Q_r \times H_{\text{nett}} \times \eta_t \text{ (kW)} = 9,81 \times 61,8 \times 60 \times 0,89 = 32.374 \text{ kW}$$

Pemilihan Jenis Turbin

$$N_s = 3763 / H_{\text{nett}}^{0,854} = 3763 / 60^{0,854} = 114,023 \text{ rpm}$$

Dari perhitungan $N_s = 40$ s/d 400, dan dikarenakan head $10 < H < 350$ maka dipergunakan turbin dengan tipe *Francis*.

$$N = N_s \cdot (H_{\text{nett}}^{5/4} / P^{1/2}) = 103,56 \cdot (46,5^{5/4} / 32.374^{1/2}) = 69,889 \text{ rpm} \approx 70 \text{ rpm}$$

Karena harga $N = 70$ rpm maka digunakan kisaran angka *runaway speed* sebesar 2.

Power House

Untuk mendapatkan *head* yang lebih besar maka letak *power house* dipindahkan pada elevasi yang lebih rendah. Pada perencanaan *power house* PLTA Kedungombo tidak dihitung secara detail, hanya mengambil contoh bangunan yang sudah ada.

Saluran Pembuangan (*Tail Race*)

Saluran pembuangan direncanakan terbuat dari pasangan batu kali dengan penampang trapesium berukuran $b = 5,5$ m, $h = 2,6$ m dan kecepatan aliran = 2,71 m/detik.

Pipa Hisap (*Draft Tube*)

$$D_r = \text{diameter pipa pesat} = 3800 \text{ mm} = 3,8 \text{ m}$$

$$D_t = \text{diameter reducer (35 \%)} = 0,35 \cdot 3,8 = 1,33 \text{ m}$$

$$A = (3,8^2 - 1,33^2) \pi / 4 = 9,95 \text{ m}^2$$

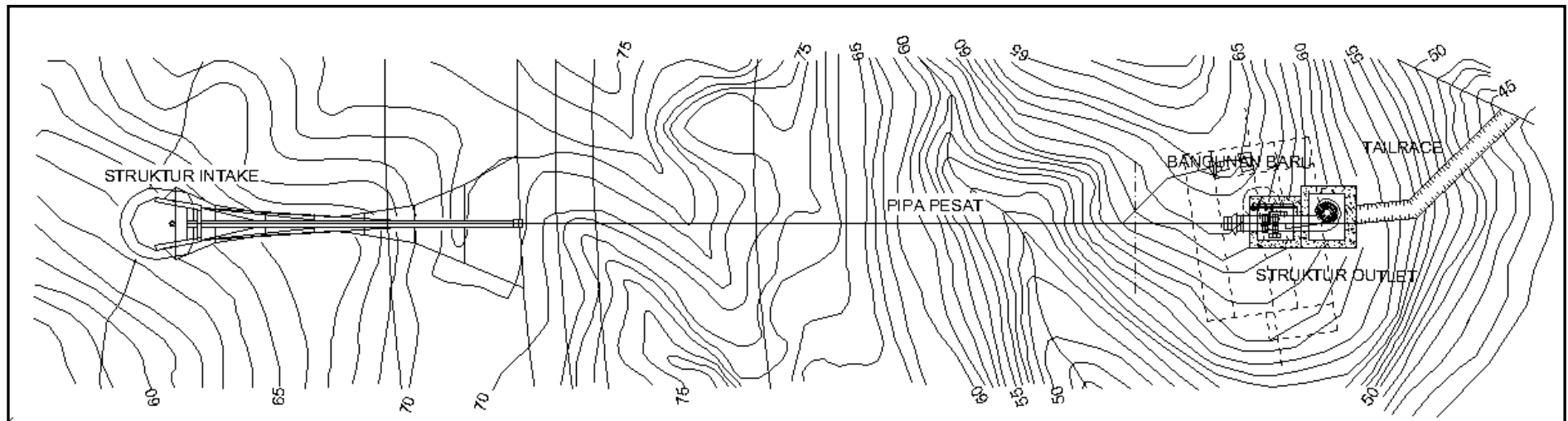
$$V = \frac{Q}{A} = \frac{61,8}{9,95} = 6,21 \text{ m/det}$$

Operasional PLTA Kedungombo

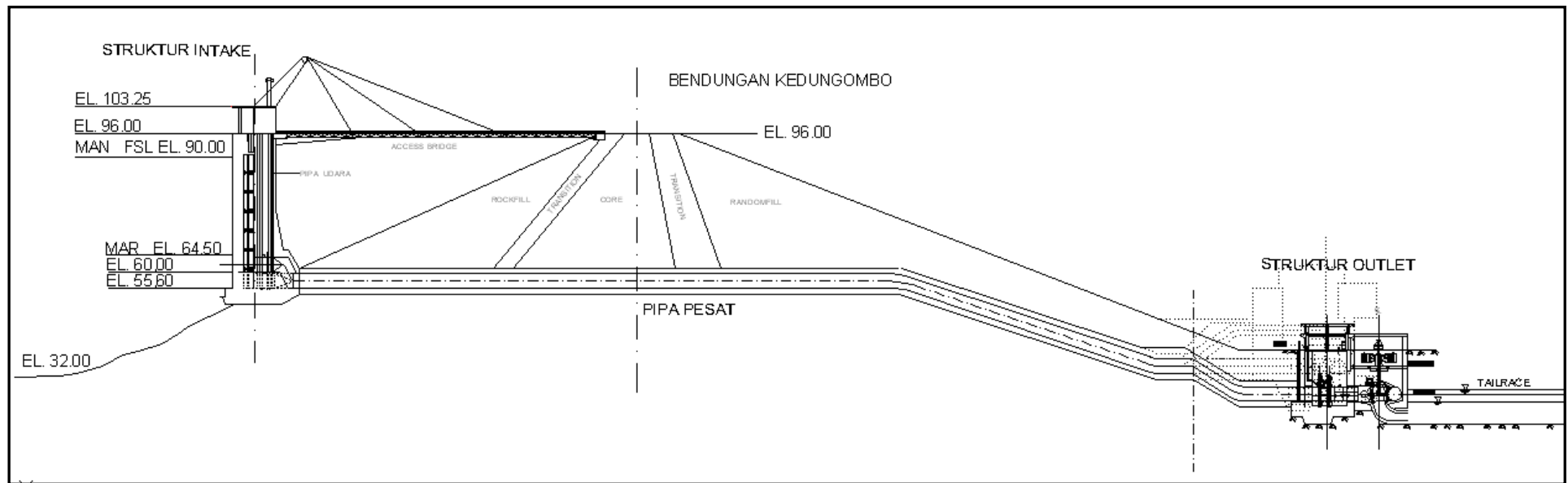
Berdasarkan data yang ada rata-rata produksi yang dihasilkan PLTA Kedungombo selama 5 (lima) tahun (2007 s/d 2012) sebesar 16,814 MW. Jika dilakukan pengembangan terhadap bangunan PLTA maka rata – rata produksi sebesar 29,57 MW dengan asumsi pelayanan selama 24 jam. Hal ini menunjukkan bahwa setelah adanya pengembangan maka produksi yang dihasilkan PLTA Kedungombo mengalami peningkatan sebesar 78.87%.

RENCANA ANGGARAN BIAYA DAN JADWAL PELAKSANAAN PROYEK

Rencana anggaran biaya konstruksi PLTA Kedungombo direncanakan sebesar Rp. 38.958.723.000,00. Jadwal pelaksanaan menggunakan metode NWP dengan rencana waktu pelaksanaan selama 17 minggu.



Gambar 4. *Layout* PLTA Kedungombo



Gambar 5. Potongan Memanjang PLTA Kedungombo

KESIMPULAN

Dari tinjauan dan perencanaan PLTA Kedungombo dapat disimpulkan:

1. Elevasi sedimen sudah mencapai elevasi *intake*. Laju sedimentasi rerata 1,48 juta m³/tahun. Volume sedimentasi (sampai tahun 2012) sebesar 34,47 m³, volume tersebut sudah mencapai elevasi +56,80.
2. Penanganan yang dipilih adalah peninggian *intake* pada elevasi +60,00 dan pemindahan *power house* ke elevasi yang lebih rendah yaitu pada elevasi +28,00.
3. Hasil perencanaan PLTA adalah sebagai berikut :
 - Bangunan pengambilan (*intake*) elevasi +60,00
Diameter = 3,8 m
 - Pipa pesat (*penstock*) elevasi +60,00
Tipe = pipa baja
Diameter = 3,8 m
Panjang = 287 m
 - Tinggi terjun bersih sebesar 60 m
 - Daya yang dihasilkan sebesar 32.374 kW
 - Pintu pengatur elevasi +26,00
Profil horizontal dan vertikal = Canal 500x250x100
Ukuran plat pintu = 5,2 m x 5,2m
Diameter stang ulir = 35 mm
 - Turbin tipe Francis
 - Saluran pembuangan (*tail race*) elevasi permukaan air +28,00
Lebar (b) = 5,5 m
Tinggi (h) = 2,6 m
4. Rencana anggaran biaya konstruksi PLTA Kedungombo direncanakan sebesar Rp 38.958.723.000,00 (tiga puluh delapan milyar sembilan ratus lima puluh delapan juta tujuh ratus dua puluh tiga ribu rupiah) dengan lama waktu pelaksanaan 17 minggu.

SARAN

1. Jika *inflow* yang masuk Waduk Kedungombo tidak dapat mencukupi kebutuhan debit rencana, maka sebaiknya perlu pengaturan pada pintu pengatur agar debit yang keluar dapat memaksimalkan fungsi PLTA secara kontinyu.
2. Kelebihan air selama musim penghujan, selain dimanfaatkan untuk kebutuhan irigasi dan air baku dapat juga untuk memaksimalkan produksi PLTA Waduk Kedungombo.
3. Pengaturan pintu pada musim penghujan perlu diperhatikan, agar tidak terjadi kelebihan air pada bagian hilir yang dapat menyebabkan banjir.

DAFTAR PUSTAKA

- Hadihardaja, J., Sri Sangkawati, *Bangunan Tenaga Air*, Universitas Diponegoro.
- Harvey, Adams, 1993, *Micro Hydro Design Manual*, London : IT Publication.
- Mosonyi, Emil, 1991, *High-Head Power Plant (Volume A&B)*, Budapest : Akademia Kiado.
- Patty, OF, 1995, *Bangunan Tenaga Air*, Jakarta : Erlangga.
- Laporan Akhir Sementara PT Indra Karya, 1993.
- Laporan Antara Inspeksi Besar Waduk Kedungombo, 2012.